

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-096400

(43)Date of publication of application : 09.04.1999

(51)Int.Cl.

G06T 17/20

G06T 17/00

(21)Application number : 10-204887

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 21.07.1998

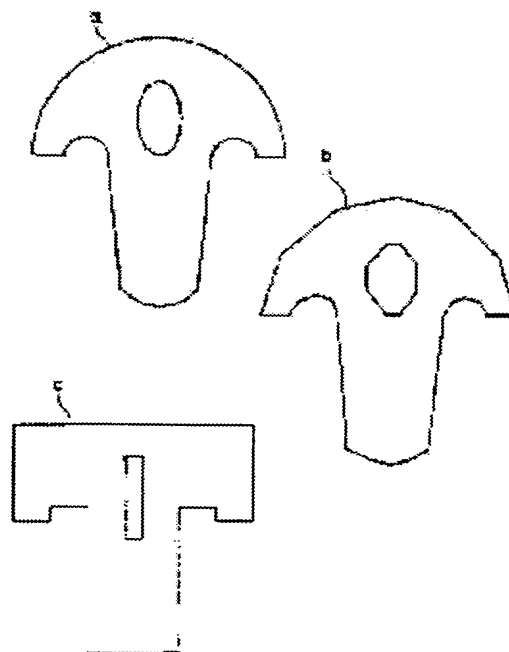
(72)Inventor : TAKAHASHI HIROAKI

(54) SHAPE TRANSFORMING METHOD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To preserve the graphic characteristics of an arbitrary shape and to transform that shape to an approximate model so as to be easily classified by providing a means for transforming a straight line segment to a line segment parallel with a coordinate axis to a shape transforming device equipped with a means for transforming the arbitrary shape to a shape composed of straight line segments only.

SOLUTION: When a two-dimensional(2D) shape (a) is inputted from a graphic input part or shape reading part to an arbitrary shape setting part, a shape (b) linearly approximating the curved line part of that shape is generated by a curved line transforming part. The respective line segments consisting of the shape (b) are allocated to the direction parallel with an x-axis or y-axis and transformed to the approximate model like a shape (c). In this case, the arbitrary shape is transformed to the shape composed of straight line segments only and further, this straight line segment is transformed parallel with any coordinate axis. Therefore, the arbitrary shape is transformed to the shape composed of straight lines only parallel with the coordinate axis. Accordingly, the method of curved line coordinate transformation can be applied while spreading a grid over this approximate model.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than abandonment the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application] 01.11.1999

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-96400

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月9日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 6 T 17/20
17/00

G 0 6 F 15/60
15/62

6 1 2 J
3 5 0 A

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-204887
(62) 分割の表示 特願平1-58454の分割
(22) 出願日 平成1年(1989) 3月10日

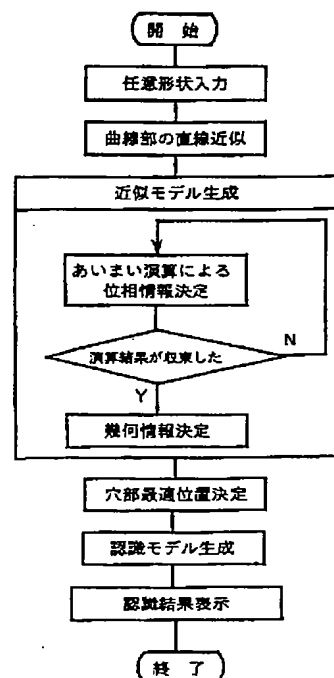
(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(72) 発明者 高橋 宏明
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内
(74) 代理人 弁理士 韓沼 辰之

(54) 【発明の名称】 形状変換方法

(57) 【要約】

【課題】 任意の形状を、図形特性が保存でき、かつ分類が容易にできるような近似モデルに形状変換を行う。

【解決手段】 与えられた形状の境界面または境界線の近似モデルと、該境界面または境界線に含まれる穴の近似モデルと、を独立に作成したのち、与えられた前記実形状において穴に関係なく滑らかな格子を生成し、実形状において穴を形成する頂点がどの格子点に対応するかをもとにして近似モデルにおける穴の境界形状に対する相対位置を決定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 与えられた形状の境界面または境界線の近似モデルと、該境界面または境界線に含まれる穴の近似モデルと、を独立に作成したのち、与えられた前記実形状において穴に関係なく滑らかな格子を生成し、実形状において穴を形成する頂点がどの格子点に対応するかをもとにして近似モデルにおける穴の境界形状に対する相対位置を決定することを特徴とする形状変換方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、CAEなどの分野で用いられるコンピュータによる形状変換方法および装置に係り、特に、形状の分類、識別を必要とするモデリング、メッシュ分割に好適な形状変換方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】CAEにおいては、境界形状が面—線一点とつながる構造データ、及び面、線の方程式や点の座標などの幾何データで表現されている。

【0003】これらのデータをもとにした形状認識手法として、従来、最も一般的に用いられてきた方法として、四分木法（2次元）及び八分木法（3次元）があり、「有限要素分割のための改良された四分木法」マークエー・エリーとマークエス・シェファードIEEE CG&A 1983年1月P39～46（A Modified Quadtree Approach to Finite Element Mesh Generation Mark A. Yerry and Mark S. Shephard IEEE CG&A January 1983）にも詳説されている。

【0004】ここでは、説明を簡単にするため、図17の（a）に示す2次元形状を例にとってこの手法を説明する。

【0005】まず、この図形を基準となる正方形（基準正方形）の中に入れこの正方形の一辺の長さが2の n 乗となるような整数座標系を設定する。そして、基準正方形を小さな正方形に4等分して、各領域と前記図形を形成する境界線との関係を次のように分類する。

【0006】(1) 正方形が境界線の内側にある

(2) 正方形が境界線の外側にある

(3) 正方形が境界線を含む

ここで、(3)と判定された正方形のみを再び4等分し、上記のチェックを行う。このような操作を適当な形状解像度に対応するレベルまで続ける。

【0007】正方形の一辺が基準正方形の $1/8$ になるまで分割した結果が図17の（b）でこれに対応するツリー構造は図17の（c）で表される。また、1ランク解像度を上げると図17の（d）のようになる。

【0008】そして、形状認識においては、図17の（c）のツリー構造をもとに、形状の概略特性を判定する。

【0009】図17の（c）に記入された数字は、分割されてできた正方形領域と対象図形を形成する境界線との関係を示し、前記三つの分類に対応している。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術においては、形状そのものの全体的図形特性を把握することは困難で登録図形（比較対象となる図形）から形がゆがんでくると、認識率が累進的に低下する欠点があった。また、近似モデルを作成するにも、対象形状の各辺をどの座標軸に平行にするかに関して統一的な理論は確立されておらず、多分にあいまいさを含んでいる。

【0011】本発明の課題は、任意の形状を図形特性が保存でき、かつ分類が容易にできるような近似モデルに形状変換を行うにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記の課題は、任意形状を直線線分のみからなる形状に変換する手段を備えた形状変換装置に、該直線線分を座標軸に平行な線分に変換する手段を備えることにより達成される。

【0013】直線線分を座標軸に平行な線分に変換する手段が、メンバシップ関数を用いて演算を行なうあいまい演算部を備えている請求項1に記載の形状変換装置としてもよい。

【0014】また、上記課題は、任意形状の境界線または稜線を複数の直線線分で近似し、それぞれの線分の座標軸への近似度を0から1の変数で表現し、あいまいルールにより該変数を全体的に修正して各線分をいずれかの座標軸に平行に割り当て、最終的に一つの近似モデルに収束させる形状変換方法によっても達成される。

【0015】また、任意形状の境界線または稜線を複数の直線線分で近似し、隣接する線分が、一直線上にあるか、互いに垂直になるように前記線分を変換して形状を形成する形状変換方法としてもよい。

【0016】また、任意形状の境界線または稜線を複数の直線線分で近似し、それぞれの線分が座標軸となす角度を計算し、計算された角度および予め設定されたあいまいルールに基づくメンバシップ関数により前記線分をいずれかの座標軸に平行に割り当てて、前記任意形状の近似モデルを作成する形状変換方法としてもよい。

【0017】また、あいまいルールが、少なくとも、線分となす角が最も小さい座標軸の方向へなるべく該線分が割り当てられることと、互に隣接する二つの線分はそのなす角が一定角よりも小さいほどなるべく異なる方向に、なす角が一定角よりも大きいほどなるべく同じ方向に割り当てられることと、を含んでいる請求項5に記載の形状変換方法としてもよい。

【0018】また、与えられた形状の境界面または境界線の近似モデルと、該境界面または境界線に含まれる穴の近似モデルと、を独立に作成したのち、与えられた前記実形状において穴に関係なく滑らかな格子を形成し、

実形状において穴を形成する頂点がどの格子点に対応するかをもとにして近似モデルにおける穴の境界形状に対する相対位置を決定することを特徴とする形状変換方法としてもよい。さらに、近似モデルの形状の位相的特性を保持したまま、該近似モデルを構成する線分の長さを、単位長さの最小の整数倍に変換することを特徴とする形状変換方法としてもよい。

【0019】また、解析対象となる任意形状を入力し、該任意形状から直交座標系の座標軸に平行な直線線分のみで構成された任意形状の近似モデルを生成し、該近似モデルから近似モデルの各直線線分が単位長さの整数倍になるように格子を張った格子形状である写像モデルを生成し、写像演算を行うことによって該写像モデルから、任意形状の解析用メッシュを自動生成するようにしてもよい。

【0020】〔作用〕任意形状が、直線線分のみからなる形状に変換され、さらに該直線線分が、いずれかの座標軸に平行に変換されるので、前記任意形状は座標軸に平行な直線のみで構成された図形に変換される。

【0021】メンバーシップ関数を用いて演算を行うあいまい演算部は、あらかじめ定められたあいまいルールに従って、それぞれの線分が、どの座標軸に平行に変換されるべきかを選定する。

【0022】任意形状の近似モデル作成にあたっては、まず、該任意形状のすべての稜線（3次元形状の場合）もしくは境界線（2次元形状の場合）が直線線分によって近似され、各線分と座標軸（ x 、 y 、 z 軸）とがなす角度が算出される。次に各線分をどの座標軸に平行にするかの割り当てを行うにあたり、すくなくとも次の二つの基本となるあいまいルールが用いられる。

【0023】① 各線分はなるべくなす角が最も小さい座標軸の方向へ割り当てられる。

【0024】② 隣り合う2辺は、そのなす角が一定角よりも小さいほど、なるべく異なる座標軸の方向へ割り当てられ、なす角が一定角よりも大きいほど、なるべく同じ方向に割り当てられる。

【0025】そして、このルールの持つあいまいさを表現する為にファジィ理論におけるメンバーシップ関数が用いられる。まず、各線分の座標軸への近似度が0から1で表される。この場合、座標軸となす角が0度に近いほど近似度は1に近づき、なす角が90度に近いほど近似度は0に近づき、

【0026】さらに、隣り合う2辺に関して、2辺のなす角をもとに同方向度が-1から1で表される。この場合、2辺のなす角が180度に近いほど同方向度は1に近づき、90度までに-1にまで変化し、90度以下で-1で一定となる。

【0027】次に、隣り合う2辺に関して、座標軸への近似度及び同方向度をもとに互いの辺への影響度が計算される。この場合、同方向度が正の場合は、例えば影響

を与える辺のX方向近似度は影響を受ける辺のX方向近似度を高くし、Y、Z方向近似度を低くする働きをする。また、同方向度が負の場合は、例えば影響を与える辺のY方向近似度は影響を受ける辺のY方向近似度を低くし、X、Z方向近似度を高くする働きをする。そして、このような影響度が数量で表され、この影響度によって、各辺のX、Y、Z座標軸それぞれへの近似度が修正される。

【0028】すべての辺の修正が終われば、修正された近似度をもとに、同様に隣り合う2辺に関して影響度が算出され、これにより再び座標軸への近似度が修正される。このような演算が繰り返行われ、すべての辺に関して、各座標軸への近似度のうち1方向への近似度が充分1に近付けば、その状態を収束状態として、各辺の方向割り当てが決定される。

【0029】各辺の方向割り当てが決定すれば、ループ（図形）ごとに近似モデル上での各辺の長さの決定が行われる。この際、基本的な線長決定の方法として、以下の方法が用いられる。図15に示すように、2次元図形が、座標軸に平行な線分のみで構成されるとループをたどれば各線分の向きは4方向に分類される。そこで、それぞれの線分に対応する実形状の線分の各方向成分の線分長の方向ごとの合計が算出され、実形状での方向1と方向2に対応する線分の線分長の合計の平均値が近似モデル上での方向1と方向2を持つ線分の線分長の合計に設定され、方向3と方向4に関しても同じ操作が行われる。そして、近似モデル上での同じ方向の線分の線分長の合計値が決まれば、この合計値が実形状での線分長の比に応じて座標軸に平行に割り当てられた各直線線分の長さとして比例配分され、各辺の近似モデル上での長さの決定が行われる。このようにして、幾何特性及び位相特性をできるだけ保存した座標軸に平行な線分のみで構成される近似モデルが作成される。

【0030】各構成単位（境界形状及び該形状に含まれる穴）ごとの近似モデルが構成されたのち、適当な単位長さが設定され、すべての辺がこの単位長さの整数倍になるように修正され、この単位長さをもとに境界形状及び穴形状独立に格子を張られる。そして、近似モデルの境界形状に格子が張れば、曲線座標変換法を用いて、この格子が穴を考慮しない実形状に写像される。

【0031】ここで、曲線座標変換法とは、図9に示すように、直交格子をもとにして、任意形状に均一な格子を形成する数学的手法をいう。

【0032】実形状の境界内部に格子が張れば、穴の特徴点に最も近い格子点が求められ、近似モデルの境界内部に張られた格子の上での対応が取られ、穴の近似モデルの境界形状の近似モデルに対する相対位置の最適化が図られ、穴を含んだ全体的近似モデルが構成される。

【0033】全体的近似モデルができれば、図16に示されるように、近似モデルの位相状態が保持されること

を前提に、各辺が最小の整数値を取るように変換された認識モデルが構成される。この認識モデルの各辺には対応する近似モデルの各辺の長さが属性として与えられる。

【0034】認識モデルの認識は、次の手順で行われる。

【0035】① 認識モデルの大きさ(NX, NY)による分類

② 認識モデルの形状による分類

③ 各辺の対応線分の線長をもとにした比較

以上3段階の認識手順により、もとの任意形状に相当する登録図形が選出される。

【0036】

【発明の実施の形態】図1は本発明の実施例の全体構成を示すブロック図である。任意形状設定部8に接続してキーボード2、タブレット3、およびマウス4などの構成要素からユーザにより形状の直接入力が行われる図形入力部1が設けられ、該図形入力部1はさらに、表示制御部6を有するCRTディスプレイ5に接続されている。前記任意形状設定部8の入力側には、さらに、形状読取部7が接続され、任意形状設定部8の出力側には、曲線変換部9や幾何演算部10で得られた情報をもとに各辺の座標軸への近似度や隣り合う2辺の同方向度を算出する形状情報生成部11が接続されている。該形状情報生成部11は、さらに、近似モデル生成部15に接続され、前記幾何演算部10は形状情報生成部11および近似モデル生成部15に接続されている。近似モデル生成部15はさらに全体近似モデル生成部18に接続され、全体近似モデル生成部18は認識モデル生成部19に接続されている。認識モデル生成部19は、認識結果表示部22に接続され、認識結果表示部22はさらに前記CRTディスプレイ5に接続されている。形状情報生成部11には、さらに、任意形状の稜線(境界線)を直線近似する曲線変換部9およびファジィ演算を行って決定された各辺の座標軸方向への方向割当てにより、位相的に形状が成立するかどうかを確認する整合確認部14が接続されている。

【0037】前記近似モデル生成部15には、形状情報をもとに、あいまいルールに従って各辺の座標軸への近似度を修正するファジィ演算部13および前記整合確認部14が接続され、ファジィ演算部13には、形状変換を行ううえでの種々のルールを設定するあいまいルール設定部12が接続されている。幾何演算部10から得られた幾何データおよびファジィ演算部13から得られた位相データをもとに近似モデルを構成する前記近似モデル生成部15には、近似モデルに張った正方格子をもとに曲線座標変換法を用いて実形状に格子を生成する写像演算部16が接続され、該写像演算部16は、この格子を用いて穴の境界形状に対する相対位置を検出する相対位置算出部17を介して、前記全体近似モデル生成部1

8に接続されている。また、近似モデルを認識モデルに変換する前記認識モデル生成部19に接続して、認識モデルをもとに基本図形データベース21に登録された図形との照合を行う認識演算部20が設けられ、該認識演算部20には、基本図形が登録された基本図形データベース21が接続されている。認識演算部20はまた、認識演算部20の演算結果を表示する認識結果表示部22に接続されている。前記幾何演算部は各直線と座標軸、及び隣り合う辺がなす角の計算や実形状をもとにした近似モデルの各辺の長さの計算を行う。全体近似モデル生成部18は、近似モデル生成部15および相対位置算出部17から与えられる情報をもとに、境界形状及び穴の近似モデルを組み合わせて全体的近似モデルを構成する。前記CRTディスプレイ5は、また任意形状設定部8に接続されている。

【0038】上述のあいまいルール設定部12とファジィ演算部13とがあいまい演算部30Aを形成し、該あいまい演算部30Aと、幾何演算部10と、形状情報生成部11と、整合確認部14と、近似モデル生成部15とが、直線線分を座標軸に平行な線分に変換する手段30をなしている。

【0039】次に、上記実施例の動作を説明する。図形入力部1又は形状読取部7より任意形状設定部8に図2に示される2次元の形状aが入力されると、曲線変換部9により、その形状の曲線部が直線近似された形状bが生成される。形状bを構成する各線分がx軸又はy軸に平行な方向に割り当てられ、図2の形状cのような近似モデルに変換される。

【0040】この近似モデルの構成方法について説明する。まず、近似モデルの位相情報(各線分をx, y軸のいずれに平行に割り当てるかの情報)の生成に関し、次の4つの基本ルールがあいまいルールとして用いられる。

【0041】ルール1: 各線はなるべくなす角が最も小さい座標軸の方向に平行に割り当てられる。

【0042】ルール2: 隣り合う2辺に関して、なす角が別に定められる一定角よりも小さいほどなるべく異なる座標軸の方向に割り当てられ、なす角が前記一定角よりも大きいほど、なるべく同じ座標軸の方向に割り当てられる。

【0043】ルール3: 傾きの変化率の少ない線群は、なるべく1つの方向に割り当てられる。

【0044】ルール4: 平行な線群は、なるべく同じ方向に割り当てられる。

【0045】ルール1は各線分が座標軸となす角をもとにして得られる座標軸への近似度の初期設定により実現される。x軸およびy軸への近似度は図3の(a)、および図3の(b)に示されるように、横軸にx軸またはy軸となす角(θ_x , θ_y)をとり、縦軸にx軸方向又はy軸方向の近似度 P_x , P_y ($0 \leq P_x \leq 1$, $0 \leq P_y \leq 1$)

$y \leq 1$)をとったメンバーシップ関数で示される。線分がいずれかの座標軸となす角が0度に近いほど近似度は1に近ずき、なす角が90°に近いほど近似度は0に近づくように定義される。

【0046】また、ルール2は近似度と隣り合う2辺の関係である同方向度とをもとにする、各辺の座標軸への近似度の修正によって実現される。隣り合う2辺の同方向度PRは、隣り合う該2辺のなす角 θR を横軸にとり、同方向度PR($-1 \leq PR \leq 1$)を縦軸にとった図3の(c)に示されるようなメンバーシップ関数で示される。この場合、同方向度は2辺のなす角が180度に近づくほど1に近ずき、なす角が180度から90度に近づくにつれ-1にまで変化し、90度以下では、-1で一定である。

【0047】近似度の修正に関し、図4に示される2本の線分① ②を例にとって説明する。まず、図3の(a)により、線分①のx軸近似度 P_x 、y軸近似度 P_y はそれぞれ0.8、0.2で線分②のX、Y軸近似度

$$\begin{aligned} Q_{xx} &= (\text{線分①のx軸方向近似度}) \times (\text{線分②の非x軸方向近似度}) \times (\text{同方向度}) \\ &= 0.8 \times 0.6 \times (-0.6) = -0.288 \end{aligned}$$

(ii)線分①のy軸から線分②のx軸への影響度 Q_{yx}
線分①②からなる2辺は、同方向度が負のため、線分①のyらしさは、線分②のxらしさを肯定する。図5の(b)のように、線分①のy軸方向近似度は0.2、線

$$\begin{aligned} Q_{yx} &= (\text{線分①のy軸方向近似度}) \times (\text{線分②のx軸方向近似度}) \times (\text{同方向度} \times (-1)) \\ &= 0.2 \times 0.4 \times (-0.6) \times (-1) = 0.048 \end{aligned}$$

(iii)線分①のx軸から線分②のy軸への影響度 Q_{xy}
線分①②からなる2辺は、同方向度が負のため、線分①のxらしさは、線分②のyらしさを肯定する。図5の(c)に示すように、線分①のx軸方向近似度は0.

$$\begin{aligned} Q_{xy} &= (\text{線分①のx軸方向近似度}) \times (\text{線分②のy軸方向近似度}) \times (\text{同方向度} \times (-1)) \\ &= 0.8 \times 0.6 \times (-0.6) \times (-1) = 0.288 \end{aligned}$$

(iv)線分①のy軸から線分②のy軸への影響度 Q_{yy}
線分①②からなる2辺は同方向度が負のため、線分①のyらしさは、線分②のyらしさを否定する。図5の(d)のように、線分①のy軸方向近似度は0.2、線

$$\begin{aligned} Q_{yy} &= (\text{線分①のy軸方向近似度}) \times (\text{線分②の非y軸方向近似度}) \times (\text{同方向度}) \\ &= 0.2 \times 0.4 \times (-0.6) = -0.048 \end{aligned}$$

(i)~(iv)の計算により、線分②のx軸方向近似度への影響度は、
 $Q_{xx} + Q_{yx} = -0.288 + 0.048 = -0.24$
線分②のy軸方向近似度への影響度は
 $Q_{xy} + Q_{yy} = 0.288 - 0.048 = 0.24$
となる。近似度の修正は、図3の(a)、図3の(b)によって算出された近似度に(影響度×計算定数)を加

は、それぞれ0.4、0.6であり、2辺のなす角が108度であることから、図3の(c)により、線分① ②の同方向度PRは-0.6であり、これは2辺が異なる方向の座標軸に割り当てられる強さが0.6であることを意味する。そこで、これらの値をもとに、まず、線分①から線分②への影響度が算出される。なお、影響度は近似度を修正する度合いを示すものとして定義される。影響度の算出は、次の4項目の演算を行うことにより実現される。

【0048】(i)線分①のx軸から線分②のx軸への影響度 Q_{xx}

線分①②からなる2辺は、同方向度が前述のように負のため、線分①のxらしさは、線分②のxらしさを否定する。図5の(a)のように、線分①のx軸方向近似度は0.8、線分②の非x軸方向近似度は0.6であるから線分①のx軸から線分②のx軸への影響度 Q_{xx} は、下記(1)式により算出される。

$$\begin{aligned} \text{【0049】} \\ &= (\text{線分①のx軸方向近似度}) \times (\text{線分②の非x軸方向近似度}) \times (\text{同方向度}) \\ &\dots\dots(1) \end{aligned}$$

分②のx軸方向近似度は0.4であるから、線分①のy軸から線分②のx軸への影響度 Q_{yx} は下記(2)式により算出される。

$$\begin{aligned} \text{【0050】} \\ &= (\text{線分①のy軸方向近似度}) \times (\text{線分②のx軸方向近似度}) \times (\text{同方向度} \times (-1)) \\ &\dots\dots(2) \end{aligned}$$

8、線分②のy軸方向近似度は0.6であるから、線分①のx軸から線分②のy軸への影響度 Q_{xy} は、下記(3)式により算出される。

$$\begin{aligned} \text{【0051】} \\ &= (\text{線分①のx軸方向近似度}) \times (\text{線分②のy軸方向近似度}) \times (\text{同方向度} \times (-1)) \\ &\dots\dots(3) \end{aligned}$$

分②のy軸方向近似度は0.4であるから、線分①のy軸から線分②のy軸への影響度 Q_{yy} は、下記(4)式により算出される。

$$\begin{aligned} \text{【0052】} \\ &= (\text{線分①のy軸方向近似度}) \times (\text{線分②の非y軸方向近似度}) \times (\text{同方向度}) \\ &\dots\dots(4) \end{aligned}$$

えることにより実行される。例えば、計算定数0.1のときは、線分②のx軸方向近似度は、0.4から
 $0.4 + (-0.24) \times 0.1 = 0.376$
に減少し、y軸方向近似度は0.6から
 $0.6 + (0.24) \times 0.1 = 0.624$
に増加し、線分②の方向割り当ては、y軸方向に傾く。また同様に線分②から線分①への影響度を計算すること

により、線分①の方向割り当てがx軸方向に傾く結果が得られる。

【0053】上述の演算を対象図形の曲線部が直線近似されて得られた図形(図2の形状b)における隣り合う2辺のすべての組に関しておこない、全体的に近似度を修正する。次に、修正された近似度をもとに影響度を算出し、再び近似度を修正する。このような操作を繰返せば、各辺(線分)の近似度が一般的にある一つの方向の近似度(例えばx軸方向近似度)が1に収束し、他の方向の近似度(例えばy軸方向近似度)が0に収束する。そして、この収束状態における方向割り当てを採用することにより、図2の形状bから形状cへの変換にみよような、近似モデルの位相情報の生成を実行することができる。

【0054】なお、2次元図形に関しては、 $(x, y) \times (x, y)$ で4項目の演算により近似度が修正されるが、3次元図形に関しては、 $(x, y, z) \times (x, y, z)$ で9項目の演算により、近似度が修正される。

【0055】また、上記のように基本的なあいまいルールは4つであるが、この他に相互の距離がほぼ等しい二つの線群の構成線分は、図6の例に示すように、すべて同じ方向割り当てとする、3次元のひとつの面に3方向の割り当てが存在してはならないなどの補助ルールがあり、これらのルールを適宜設定することにより、効率的に近似モデルが生成される。

【0056】次に上記の方法で得られた方向割り当てによって位相的に形状が成立するかどうかの判定を行う方法について図7の(a)および図7の(b)を例にとって説明する。任意形状の対象図形fの曲線部を直線近似した形状が生成され、該形状から近似モデルを生成するための各線分方向割り当てと、該形状を反時計回りに辿る時の線分方向とを、 $x+$ 、 $y+$ 、 $x-$ 、 $y-$ で表現した。 $x+$ 、 $y+$ はそれぞれ、x軸、y軸方向に平行で、その数値が増加する方向、 $x-$ 、 $y-$ はそれぞれ、x軸、y軸方向に平行でその数値が減少する方向に割り当てられた線分を示す。図7の(a)の形状g、iは形状fに対して割り当てられた線分方向の例を示し、形状gと形状iの違いは、形状gにおいては、左上部の線分が $x-$ を割り当てられているのに対し、形状iにおいては対応する線分が $y+$ を割り当てられている点にある。それぞれの図を割り当てられたx軸、y軸に平行な線分で近似モデル化すると、形状gは形状hに、形状iは形状jとなる。x軸、y軸に平行な線分のみで構成された図形を反時計回りに辿るとき、各線分で構成される角のまわり方は、図7の(b)に示される8種類のいずれかとなり、それぞれのまわり方に図7の(b)のそれぞれの角に記入された角番号をつける。形状hおよび形状jの各角部に記入された数字はこの角番号である。

【0057】割り当てられた線分方向で位相的に整合がとれているならば、割り当てられた線分を反時計方向

に辿った場合、角番号の合計は10になり、時計方向に線分を辿った場合、角番号の合計は-10になるという性質がある。図7の(a)に示されるように、この性質をもとに、割り当てられた線分方向で構成される図形の位相的整合がとれているかどうかの判定が行われる。

【0058】なお、位相的整合が得られない場合の対応策の一つとして、過去の演算結果を参照して、あいまい度の高い辺から現在方向割り当てを変更し、整合がとれる割り当てパターンを探索する方法がある。

【0059】次に、近似モデルの幾何情報の生成(各辺の長さの決定)に関して説明する。

【0060】図8の形状mに示すように、ループ(図形を形成する境界線)を1方向にたどれば、近似モデルの各辺の向きは図の①~④の4方向に分類され、①方向に分類される辺の長さの合計と②方向に分類される辺の長さの合計は等しい。図8の形状nに示すような実形状に関して、①方向の辺の合計値と②方向の辺の合計値の平均値を取り、これを近似モデルの①及び②方向に分類される辺の長さの合計値として設定する。また、③方向及び④方向に関しても同様とする。これにより、近似モデルにおける各方向の辺の長さの合計値は決定されるから、各方向に関して、実形状における各辺の長さの比をもとに、合計長さが比例分割されて、近似モデルの各辺の長さとして設定され、図8の形状oに示すように各ループごとの近似モデルが完成する。

【0061】ここで、この近似モデルの応用例を述べる。まず、曲線座標変換法に関して説明する。曲線座標変換法とは、図9に示すように、任意形状pとこれに対応する座標軸に平行な直線のみで構成される格子形状rが設定されたとき、写像演算を行うことによって、任意形状に均一な格子を発生させた形状qを得る手法をいう。

【0062】ゆえに、任意形状が設定されたとき、本発明を用いて近似モデルを作成し、近似モデルの各辺が単位長さの整数倍になるように形状を修正し、この単位長さをもとに格子を張って格子形状として設定し、これに曲線座標変換法を適用すれば、任意形状の有限要素への自動分割が行われる。

【0063】図10に2次元および3次元の図形の自動分割の例を示す。2次元の場合には任意形状u1から、直交座標系の座標軸に平行な直線線分のみで構成された任意形状の近似モデルu2を生成し、u2の各直線線分が単位長さの整数倍になるように格子を張った格子形状である写像モデルを生成し、該格子形状を任意形状u1に写像するための写像演算を行うことによって、該写像モデルから、u1に均一な格子を発生させた解析用メッシュ形状u3を自動生成する。

【0064】同様に3次元の場合には任意形状v1から、直交座標系の座標軸に平行な直線線分のみで構成された、上記u2に相当する任意形状の近似モデルv2を

生成し、 v_2 を単位長さからなる立方体の整数倍の集合になるように分割した格子形状である写像モデルを生成し、該格子形状を任意形状 v_1 に写像するための写像演算を行うことによって、該写像モデルから、 v_1 に均一な格子を発生させた、上記 u_3 に相当する解析用メッシュ形状 v_3 を自動生成する。なお、図10 v_3 では、内部の格子状態までを示すために形状の一断面における格子のみを表示している。

【0065】次に、穴を含んだ形状の近似モデルの作成に関して説明する。まず、図11の(a)に示すように、近似モデルに関して、境界形状、及び穴形状独立に各辺が単位長さの整数倍になるように形状を修正し、この長さをもとに格子を張る。次に、図11の(b)に示すように、この格子をもとに曲線座標変換法を用いて実形状の境界形状に格子を発生させ、穴の特徴点がどの格子に最も近いかを求め、近似モデルの境界形状に張られた格子の上での対応をとる。そして、図11の(c)に示すように、近似モデルの境界形状に張られた格子の上で格子を張った穴形状の近似モデルを動かし、対応する点おしとの差の合計値が最小になる位置が探し出され、穴形状の境界形状に対する相対位置が決定され、図11の(d)のような全体的近似モデルが作成される。

【0066】この手法により、穴を持った任意形状の格子形状も自動作成可能で、これにより、図12のように穴のあいた任意形状に関する有限要素分割も自動化される。

【0067】次に近似モデルをもとにした認識モデルの構成方法と、これを用いた認識方法について説明する。

【0068】全体的近似モデルができれば、図13の(a)に示すように、近似モデルの位相状態を保持することを前提に、各辺が最小の整数値をとるように変形された認識モデルが構成される。この認識モデルの各辺には、対応する近似モデルの辺の長さが属性として与えられる。

【0069】また、穴の相対位置を表現するために、図13の(b)に示すように、近似モデルの境界形状、穴形状独立に、最も左の辺に属するY座標が最小の点が検出され、境界形状の対応点と各穴形状の対応点との実形状における距離が属性として設定される。

【0070】そして、認識モデルをもとに、次の3つの手順に従って認識が実行される。

【0071】(i) 図13の(c)に示すように認識モデルの大きさ(NX , NY)により分類。 NX , NY はそれぞれx軸方向、y軸方向の認識モデルの各辺に与えられている前記属性値の合計された値である。

【0072】(ii) 認識モデルの形状による分類
(iii) モデルに与えられた属性(対応線分の長さ、穴の相対位置)による比較、この認識方法の適用例を以下に説明する。

【0073】図14に示すような、2次元の形状 S_o 、

t_o が与えられた場合を考える。まず、形状 S_o に関しては、視点位置の変更によって、図14の S_1 , S_2 に示すように種々の形状変形が考えられるが、これらはすべて図14の S_3 で示す同一の認識モデルに置き換えられる。また、形状 t_o も同じ認識モデルに置き換えられるが、図14の s , t に示すように、認識モデルの属性により形状 S_o は形状 t_o とはっきり区別される。このように、この発明を用いることにより、もとの形状からのゆがみによる影響を受けにくい図形認識が行われる。

【0074】上述の説明では、2次元図形について説明したが、3次元図形の場合は、図形の稜線をまず、直線線分に近似し、その後同様の手法が適用される。

【0075】図18に、これまでに述べた、任意形状の入力から図形認識までの手順をまとめてフローチャートで示した。

【0076】従来、近似モデルの作成にあたっては、画一的な数学的手法で作成するのは無理であったが、本実施例によれば、メンバシップ関数を用いることにより、形状変換に関する種々の変換ルールの数学的表現が可能となり、人のもつあいまいさを含んだ判断を反映した普遍的形状変換方法が確立された。また、穴形状の境界形状に対する相対位置の決定にあたっては、曲線座標変換法を用いた均一格子の生成により境界形状のゆがみによる悪影響が低減された。さらに近似モデルから変換形成された認識モデルにより図形認識を行うことにより、ある認識形状がもとの形状から変形していても、その影響を受けにくい認識結果が得られるとともに、認識するに際し、その手順を3段階に分けることにより、認識作業が効率化された。

【0077】

【発明の効果】本発明によれば、任意の形状に対し、座標軸に平行な直線からなる近似モデルが自動生成されるので、この近似モデルに格子を張って、曲線座標変換法を適用することができ、任意形状を自動的に有限要素分割することを可能にする効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用した実施例である形状変換装置の概要構成を示すブロック図である。

【図2】近似モデルへの変換手順の例を示す平面図である。

【図3】メンバシップ関数の例を示すグラフである。

【図4】直線線分と座標軸とがなす角度の例を示す説明図である。

【図5】近似度の例を示すグラフである。

【図6】形状のあいまい処理の例を示す平面図である。

【図7】近似モデルの位相整合の確認方法の例を示す説明図である。

【図8】近似モデルの各線分の長さの決定方法を示す平面図である。

【図9】曲線座標変換法の例を示す平面図である。

【図10】図形の有限要素分割を行った例を示す平面図である。

【図11】穴のあいた形状の近似モデル作成手順を示す平面図である。

【図12】図形の有限要素分割を行った例を示す平面図である。

【図13】認識モデルの作成手順を示す平面図である。

【図14】近似モデルを用いた図形認識手順を示す平面図である。

【図15】近似モデルを構成する線分方向性を説明す

る平面図である。

【図16】近似モデルから認識モデルへの変化を説明する平面図である。

【図17】従来の図形認識方法の例を示す図である。

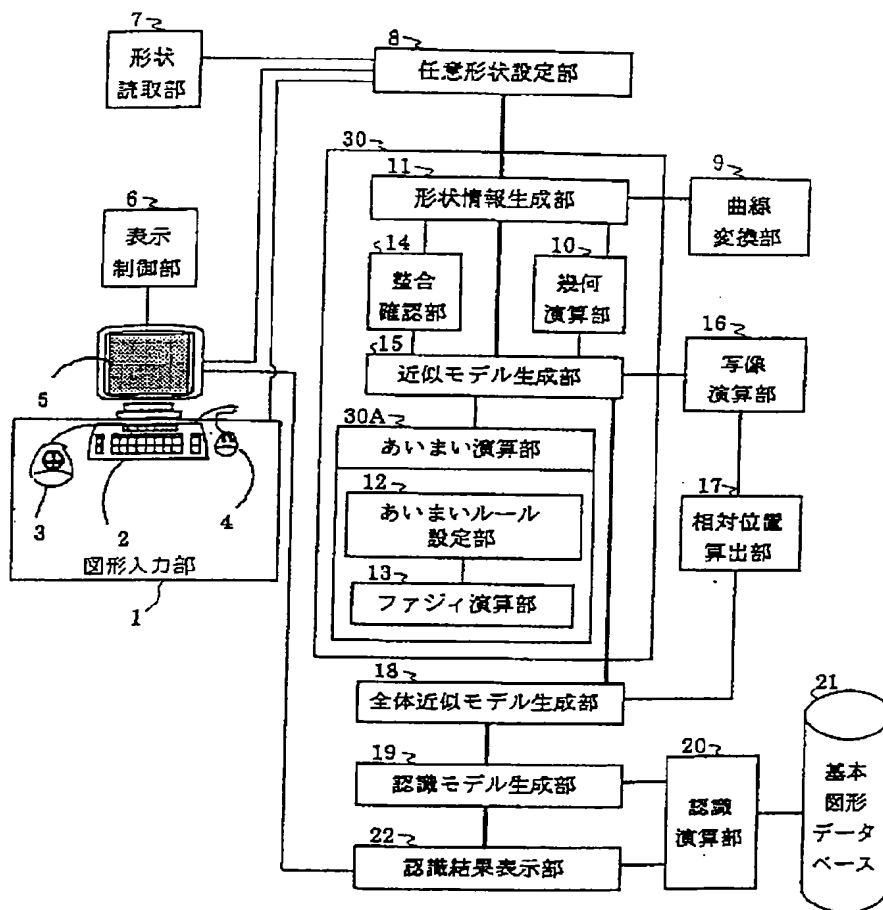
【図18】本発明を適用して図形認識を行う場合の手順の例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

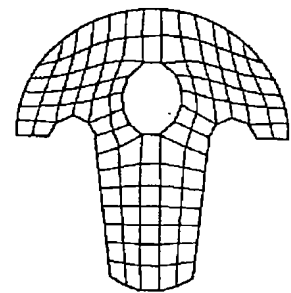
30 直線線分を座標軸に平行な線分に変換する手段

30A あいまい演算部。

【図1】

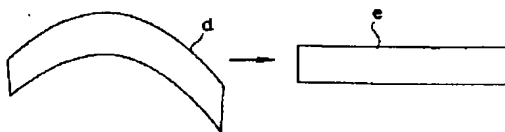


【図12】

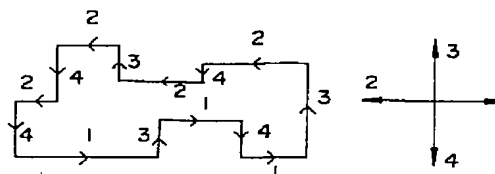


30:直線線分を座標軸に平行な線分に変換する手段

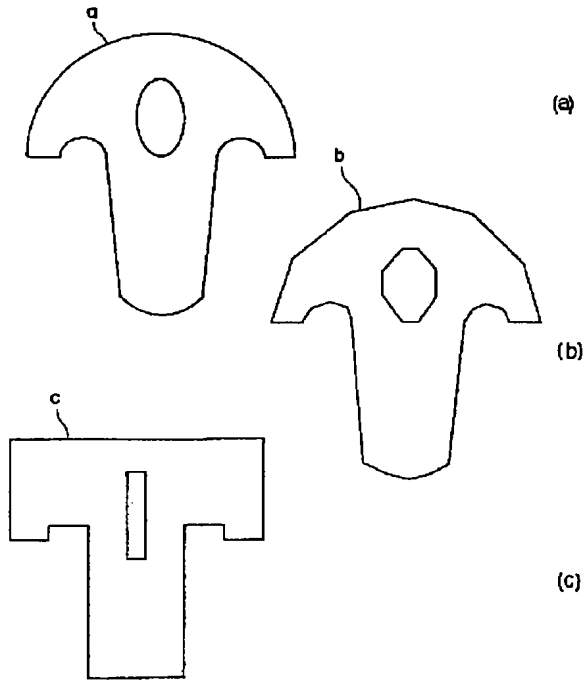
【図6】



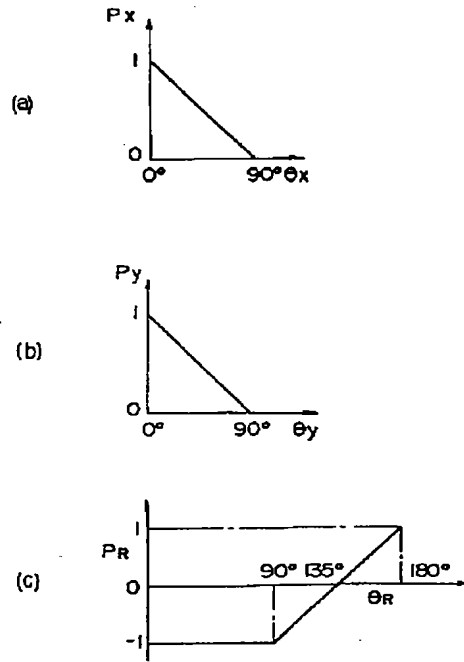
【図15】



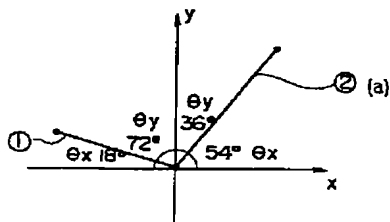
【図2】



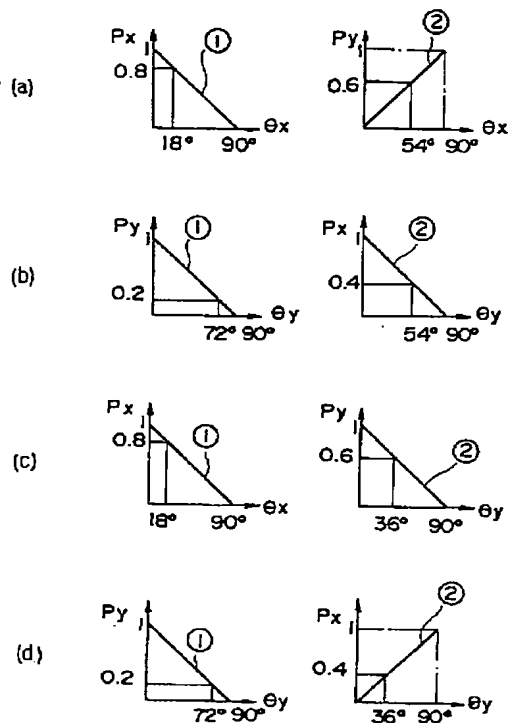
【図3】



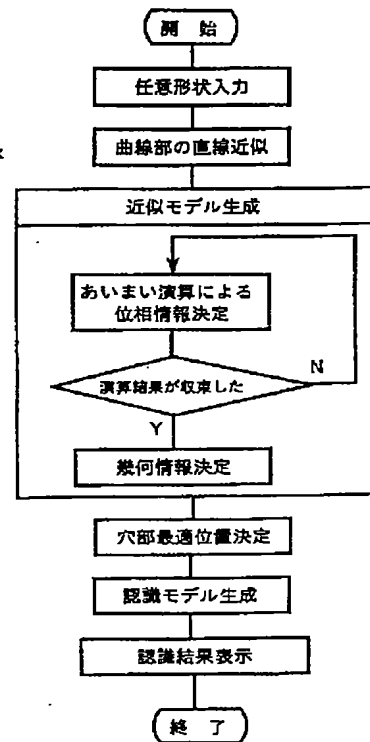
【図4】



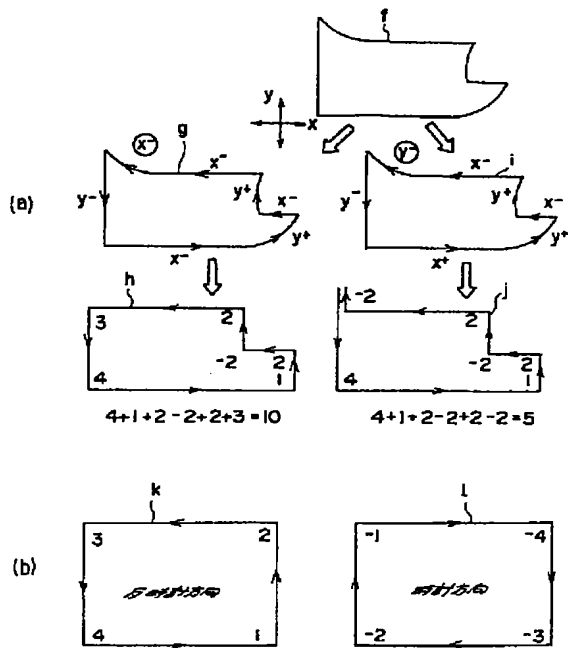
【図5】



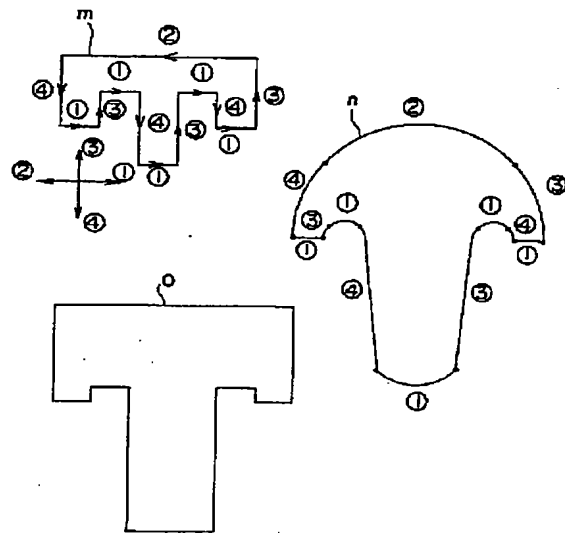
【図18】



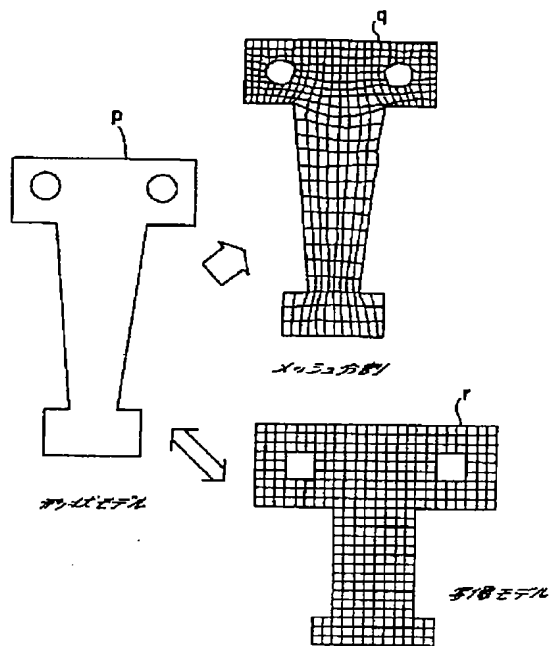
【図7】



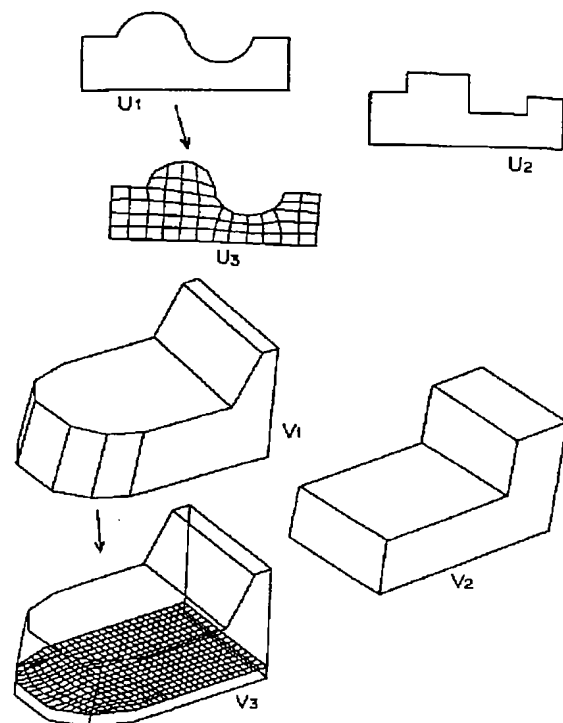
【図8】



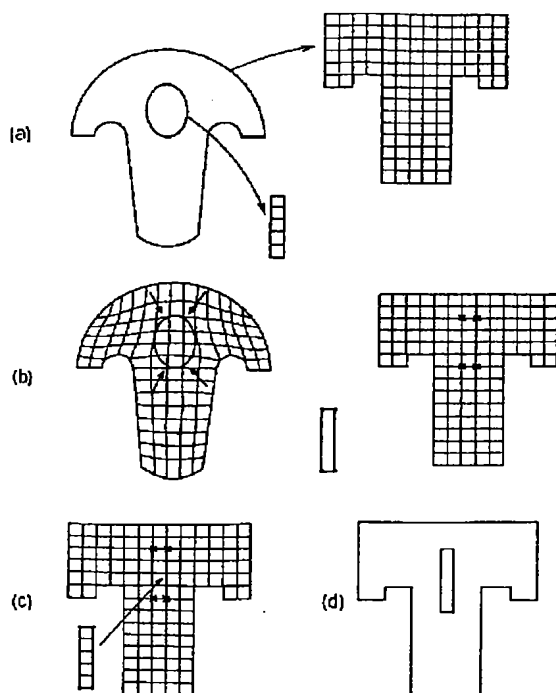
【図9】



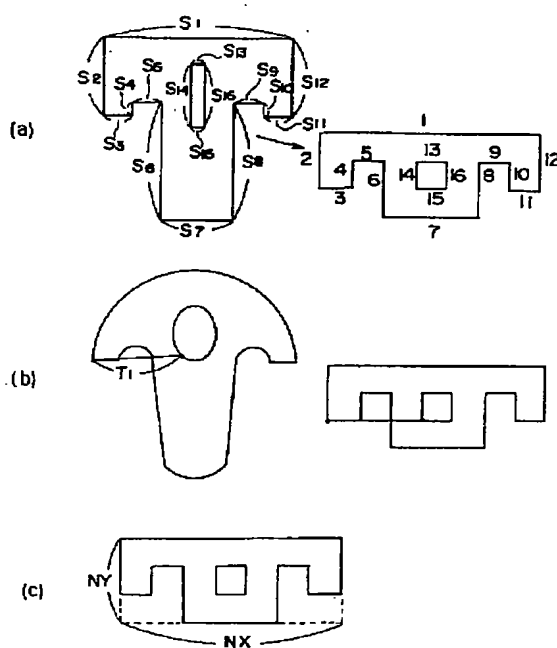
【図10】



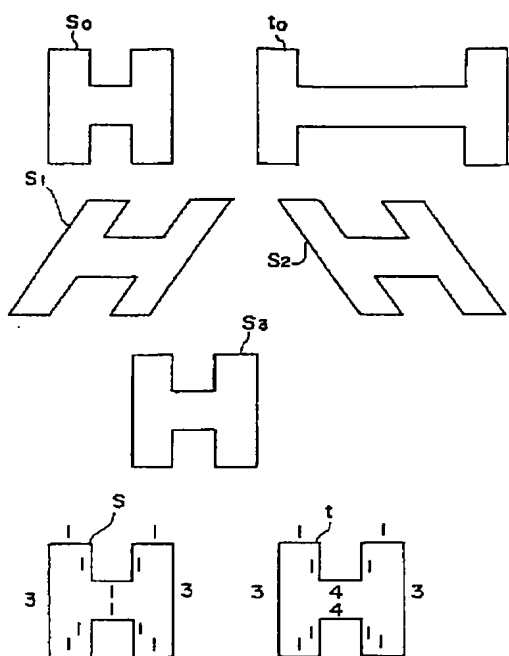
【図 1 1】



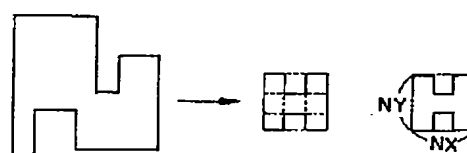
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 6】



【図 17】

